

放射線の一種である中性子は、近年、脳腫瘍などの治療や、高品位の半導体用シリコン単結晶の製造、リチウム電池、燃料電池の高性能化など幅広く利用されている。しかし、中性子は、物質透過能力が強いため人体への影響が大きく、また建物における遮蔽方法および設計が難しい。大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 (KEK) と (株) 間組は共同で研究を進め、2007 年 7 月に、普通コンクリートに比べて約 1.7 倍の遮蔽性能を持った中性子遮蔽コンクリートの開発を発表した。共同研究グループはこの開発において、従来研究されていたホウ素原子による中性子の捕獲吸収特性だけではなく、水素原子による中性子の減速特性を加味させる方法を用いた。この開発により、コンパクト化による室内空間の拡大や建物重量の軽量化に伴う基礎工事の低減が可能となり、今後、中性子を扱う医療施設、研究施設、原子力施設などで多用されることが期待できる。

トピックス 4 ホウ素と水素による各特性を活かした中性子遮蔽コンクリートの開発

放射線の一種である中性子は、近年、脳腫瘍などの治療にも威力を発揮することが実証されつつあり、また中性子散乱技術を応用した高品位の半導体用シリコン単結晶の製造やリチウム電池、燃料電池の高性能化など、利用範囲が拡大している。しかし、中性子は、物質透過能力が強く人体への影響が大きい。しかも、 α 線や β 線など他の放射線と比べて飛跡が複雑なために、遮蔽方法および設計が難しい。中性子線を遮蔽する材料としては、コンクリートが効果的ではあるが、遮蔽効果を向上し、かつコンクリート厚を薄くできる技術が求められている。

(株) 間組は、以前より中性子に対する遮蔽材料の研究を行ってきたが、2004 年からは、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 (KEK) と共同で中性子を遮断する高性能なコンクリートの研究を進めている。この共同研究グループは、2007 年 7 月、普通コンクリートに比べて約 1.7 倍の遮蔽性能を持った中性子遮蔽コンクリートを開発したと発表した。

中性子は無電荷で原子核だけに反応する。中性子自身より重い原子核との衝突時は、原子核に跳ね返され速度 (エネルギー) があまり低下しないため遮蔽が難しいが、中性子と重さが近い水素原子核 (陽子) と衝突すると陽子が弾き飛ばされ、中性子の速度を急激に低下させることができる。減速した中性子を捕獲する元素としては、過去の研究からホウ素、カドミウム、リチウムなどが知られており、1950 年代には骨材にホウ素含有岩石を用いた研究が行われたが、コンクリートが固まりにくく、力学特性が悪いため、長期間にわたって研究が途切れていた。

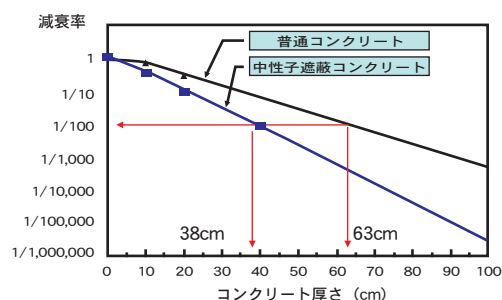
共同研究グループは、従来のホウ素原子による中性子の捕獲吸収特性だけでなく、水素原子による中性子の減速特性を加味させる方法を用いた。コンクリートには、粗骨材として水素原子を多く含む北日本産の変成岩を、細骨材にはこの変成岩

を砕き砂にしたものにホウ素を含んだトルコ産の天然砂と普通セメントを使用した。中性子遮蔽能力は、粗骨材、細骨材、セメント、水などの適正な配合方法の決定が重要であり、遮蔽シミュレーション解析により使用材料と遮蔽性能の最適化による配合量を決定した。

開発した中性子遮蔽コンクリートは、低速から高速中性子^{注1)}の広い範囲を遮蔽でき、普通コンクリートの約 1.7 倍の遮蔽性能をもち、厚さを約 40% 低減させることができる (図表)。圧縮強度は普通コンクリートと同等性能ではあるが、長期耐久性を示す乾燥収縮量や中性化深さ量^{注2)}はむしろ良い性能を確保している。

製造コストは、プレキャスト板製品 (工場製品) と比べると約 2 割増ではあるが、コンパクト化による室内空間の拡大や建物重量の軽量化に伴う基礎工事の低減が可能である。今後、中性子を扱う医療施設、研究施設、原子力施設などで多用されることが期待できる。

中性子遮蔽コンクリートの性能



提供：KEK・(株) 間組

注1：低速中性子 (0.03 ~ 100eV)、中速中性子 (0.1 ~ 500eV)、高速中性子 (500eV 以上)、1 eV の中性子速度 = 1.4×10^4 m/s

注2：アルカリ性の性質をもつコンクリートが空気中の炭酸ガスなどの反応により中性化し、内部の鉄筋を腐食させる。この中性化の進行度合いを深さで表す。